



## KŐVÁRI MÁTYÁS

Okleveles Közlekedésmérnök

Budapest

Alstom Üzletfejlesztő

## A vasúti vontatás egyik zöld, környezetbarát alternatívája: a hidrogén

A lovak kezelése után a vasúti járművek üzemeltetőinek meg kellett ismerkednie a forró, nyomás alatt lévő gőzzel. Később érkeztek a robbanó motorok, majd a nagy feszültség (érintésvédelmi értelemben). Mindegyik gépet más iparágakban találták ki, de sikeresen adoptálták a vasúthoz, annak elválaszthatatlan részévé váltak ezek a technológiák. Így van ez a hidrogénnel is vagy az akkumulátoros hajtással is.

Cikkemben bemutatom, hogy az Alstom miért hisz abban, hogy a hidrogén hajtású vasúti járművek a jövő egyik zöld vontatási vonattípusa, valamint, hogy hogyan néz ki közelebbről a vállalat úttörő megoldása, a Coradia iLint™, a világ első hidrogén hajtású személyszállító motorvonata. (1. ábra)

### Mit kell tudni a hidrogénről, mint üzemanyagról?

Erre a kérdésre mindenkinek eszébe jutnak a kémia órán tanultak:  $2x H_2 + O_2 \Rightarrow 2x H_2O + \text{energia}$ . A kellemetlenség korábban abból fakadt, hogy

nem tudtuk ezt a folyamatot kellő kontroll alatt tartani. Így volt ez az atommaghasadással is: előbb volt atombomba, aztán lett erőmű. De térjünk inkább vissza a hidrogénhez. Az előbbi képlet szerinti tulajdonképpen hidrogén égetést az energia felszabadító folyamatot jól szabályozható és hatékony módon ún. üzemanyagcellában lehet megoldani, a Coradia iLint is ilyen technológiát használ (2. ábra). Az üzemanyagcella hatékonyságát az adja, hogy a fenti képlet szerinti energia (jó része) rögtön villamos energiaként áll elő. Valójában nem egy reakcióról kell beszélni, hanem külön egy anód reakcióról:  $H_2 \Rightarrow 2x H^+ + 2x e^-$  és egy katód reakcióról:  $2x H^+ + 2x e^- + 1/2x O_2 \Rightarrow H_2O$ . Az anód és a katód közt áramló elektronokat fogjuk munkára, tehát nem egyfajta hőerőgép folyamatról beszélünk, hanem a villamos energia direktben áll elő.<sup>[1]</sup>

A hidrogén, mint üzemanyag esetében is beszélni kell a járművön történő tárolásról, ebből a szempontból azonban nem tér el más földgáz szár-

mazékoktól. A járművön nyomástartó edényekben tárolható (visszatérnek a nyomástartó edények, mint egykor volt a gőzkazán...). A járműre töltőállomásnál lehet a hidrogént feltölteni, ami a környezeti és időjárási viszonyoktól függően kb. egy negyedórás folyamat. A hidrogén a töltőállomásig, ha nem helyben állítják elő, akkor szintén tartályban, vagy csővezetékben juttatható el.

Visszafelé haladva a gazdasági láncolaton szót kell ejteni arról is, hogyan termelhető hidrogén. Ugyanúgy, ahogy a villamos energiát lehet megújuló erőforrásból vagy szénrőmüből termelni, a hidrogén előállítás is lehet környezetbarát vagy kevésbé környezetbarát: az amúgy szintelen hidrogénhez az előállítás módja alapján rendelkeznek egy színkódot, így erősítve a gazdaságban a környezettudatosságot.<sup>[2]</sup> Néhány a színkódok közül:

– zöld: a zöld hidrogént megújuló villamos energiával hidrolízissel állítják elő. Ezt a reakciót még a gimnáziumi laborban is



1. ábra: A világ első hidrogén hajtású személyszállító motorvonata

megcsináltuk: ha két elektródával a vízen villamos egyenáramot hajtunk át, máris megjelennek a buborékok. Ezúttal azonban ipari méretekéről beszélünk és a keletkező gáz befogásáról. A folyamat során zero CO<sub>2</sub> kibocsátás keletkezik.

- kék: fosszilis energiahordozóból állítják elő, de a folyamat során keletkező CO<sub>2</sub>-t nem engedik szabadon.
- szürke: a hidrogént hagyományosan metán és vízgőz reakciójából állítják elő (SMR eljárás), miközben CO<sub>2</sub> szabadul föl.
- lila, rózsaszín, piros: magas hőmérsékletű vagy más kémiai vízbontás nukleáris energia felhasználásával.

**A hidrogén előnye a vasúti vontatásban**

Előnye, de mivel szemben? Itt három technológiával érdemes összehasonlítani: A diesel vontatással a villamos vontatással, vagy egy hasonló ma divatos alternatívával: az akkumulátoros hajtással.

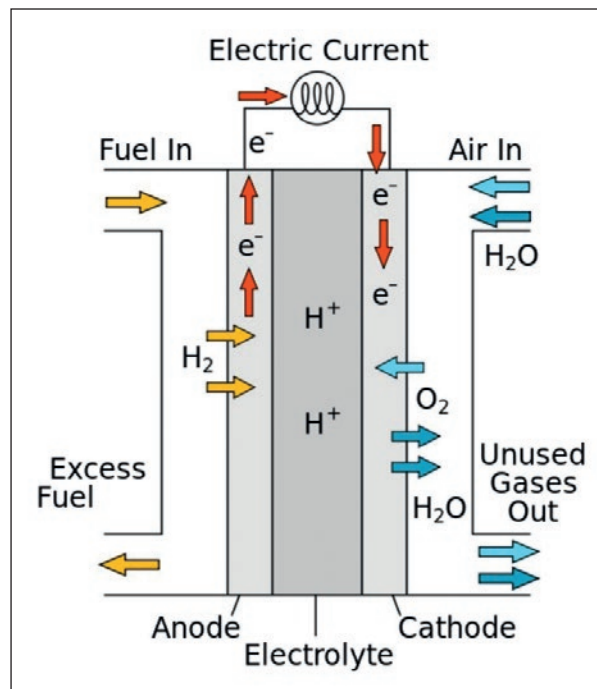
Kezdjük a dieselrel: környezetvédelmi szempontból, fosszilis üzemanyagról lévén szó, elég sok kellemetlen mellékhatással jár: CO<sub>2</sub> kibocsátás, a kőolaj véges léte, és bár nem igényel bonyolult infrastruktúrát, az összesített költség mégis magasabb, ha figyelembe vesszük a diesel előállítását és az üzemanyag felhasználásával járó hatásokat. A többi említett hajtásmódhoz képest még a zajt és az utastéri rezonanciát is meg lehet említeni. Mi az előnye mégis, amiért használjuk mind a mai napig? Egy töltőállomás telepítése és üzemeltetése lényegesen egyszerűbb, mint egy kiterjedt felsővezetési hálózat létesítése. Egy gyors tankolással pedig sok kilométerre elegendő töltöttséghez jutunk. Nos, ez utóbbi két előnyt a hidrogénes megoldás is biztosítani tudja. A hidrogén energiasűrűsége a súlyához viszonyítva még a dieselnél is jobb, a tankolás sem vesz igénybe lényegesen több időt. Az igaz, hogy maga a töltőszervezet bonyolultabb, de az automatizáltsága miatt az egyszerű üzemeltetőnek kezelni hasonló-

an egyszerű, mint egy benzinkút töltőállomását (3. ábra).

A villamos vontatás környezetvédelmi szempontból egyenértékű a hidrogén hajtással, és a működtetés során is a járművek emissziós szempontból mindkét esetben tökéletesen nulla üvegházhatású gázt bocsátanak ki. A kérdés az, hogy az egyik esetben a villamos energiát, a másik esetben a hidrogént miből állítják elő, ahogy erről már fentebb volt szó. Nagy teljesítményű fővonalakon várhatóan továbbra is a felsővezetékű villamos vontatás lesz az uralkodó megoldás. Bőven vannak azonban olyan kisebb forgalmú vonalak, amelyek villamosítása nem tűnik megtérülőnek és ezért továbbra is dieselrel járkák őket (a vasúthálózat alig fele villamosított ma). Ezekre a vonalakra tud a hidrogénhajtás könnyen a diesel helyébe lépni, mely jelentős környezetvédelmi előnyöket nyújthat, miközben az üzemmenetet (egyszeri gyors töltés a szolgálat megkezdése előtt) nem kell nagyon átalakítani. Amiről még a villamos vontatás kapcsán szót kell ejteni, az az energia tárolása. A mai villamos vontatásnál ilyesmiről nem beszélhetünk, akkor kell az energia, amikor felhasználjuk. Ha reggeli csúcsban akarunk közlekedni, akkor a villamos energiát is ekkor kell előállítani. Azonban, ha a fogyasztási igény nem esik egybe a termelési görbével, és a nap és szélerőművek terjedésével ez egyre jellemzőbb lesz, akkor az energiát tárolni kell: ez megoldható úgy, hogy a fogyasztási holt időkből termelő energiával hidrolízis révén hidrogént termelünk, amely már

a felhasználásáig jól tárolható. Ha az energiatermelés és a tárolás a felhasználási helyhez (pl. a töltőállomáshoz) közel tesszük, akkor az elektromos elosztó hálózatot sem terheljük vele, hiszen nem annak kell továbbtárolnia a termelés helyétől a villamos mozdonyig, hanem a hidrogént a vonat fogja magával vinni (4. ábra).

Ezzel el is érkezünk a harmadik variánszhoz, az akkumulátoros hajtáshoz. Ez első ránézésre hasonlít az előbb vázolt üzleti modellhez, de vannak lényeges különbségek: az akkumulátorok töltési problémájáról már egyszerű járókelőként is képet kaphatunk, ahogy szaporodnak a zöld rendszámú autók – hosszú időre mindenféle oszlopokhoz láncolva. Vannak próbálkozások a hibrid megoldásra is, értve ez alatt, hogy a vonatot, amíg felsővezetékű szakaszon halad, addig akkumulátorait is tölti. Ilyen adottságú viszonylatokat azonban nem könnyű találni, illetve, ha egy-egy viszonylatra optimalizálnak egy járművet, az nem vethető be máshol könnyedén. Akkumulátorral általában csak kisebb hatótáv érhető el, mint a hidrogénnel. Itt visszautalnék arra, hogy a hidrogén könnyű, egy hason-



2. ábra: A hidrogén üzemanyagcella elvi felépítése



3. ábra: Hidrogén töltés

ló kapacitású akkumulátorhoz képest meg még inkább.

Összefoglalásként az 1. táblázathoz juthatunk el.

### A Coradia iLint fejlesztése

A hidrogén hajtású vonat fejlesztése egybe esett a Németországi igényekkel és lehetőségekkel. A projekt a német Szövetségi Közlekedési és Digitális Infrastruktúra Minisztériumának támogatásával indult, a kísérleti nyúl szerepére, vagyis az első kereskedelmi felhasználóként néhány német regionális vasúttársaság jelentkezett. A projektet az Alstom Salzgitterben található gyáregysége vezényelte le, több partner bevonásával. A vonat a meglévő és Németországban jól ismert Coradia Lint termékcsalád tagjaként annak alapjaira épült. Ez lényegében egy regionális iker-motorkocsit jelent. A Coradia iLint nevében az „i” az intelligensre utal, amely előtagot az alacsony kibocsátást és alacsony üzemeltetési költség miatt kapta. A „Lint” is egy rövidítés, a német Leichter, innovativer Nahverkehrstriebwagen (=könnyű innovatív regionális motorvonat) szavakból származik. Az iLint hidrogénvonatot az Alstom először a 2016. évi Inno-trans-on mutatta be

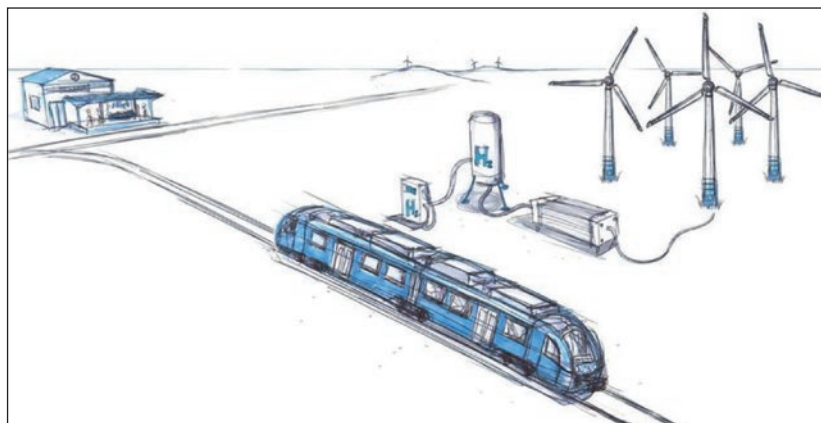
Berlinben. 2018. szeptember 17-i bemutatkozása óta a vonat már 2 éve

van menetrend szerinti utasforgalomban és teljesít szolgálatot Alsó-szászországban, az ottani regionális vasúttársaság (LNVG = Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen) kötelékében. A tapasztalatok kedvezőek voltak, ezért a cég ezentúl nem

vásárol több dieselmotorvonatot, az Alstom kapott is újabb megrendeléseket az iLint-re. [3] A flottát korábban egy ideiglenes töltőállomás szolgálta ki, de tavaly ősszel Bremervörde településen egy állandó hidrogén töltőállomást helyeztek üzembe [3] (5. ábra). Az Alsó-szászországi reguláris forgalmon kívül a vonat sok helyen tett már bemutatkozó turnét, hozzánk legközelebb a szlovák Komárom (Komarno) – Dunaszerdahely (Dunajska Streda) – Pozsony (Bratislava) útvonalon futott tavaly május 21-én. (6. ábra)

### A Coradia iLint felépítése

A Lint család egy regionális diesel motorvonat platform. Négy tagból áll: a Lint27 egy részes, a Lint41 és Lint54 kétrészes, a Lint81 háromrészes motorvonat. A világon több, mint ezer darab fut belőlük, nagy részük észak-Németországban és a környező államokban. Az iLint a Lint54 típus leszármazottja. Ez egy B'2' + 2'B' tengely elrendezésű ikermotorkocsi,



4. ábra: Zöld hidrogén termelési lánc

|   | Diesel | Villamos | Hidrogén | Akkumulátoros |
|---|--------|----------|----------|---------------|
| pálya oldali infrastruktúra igény       | +      | -        | +        | +             |
| töltési idő / hatótávolság              | +      | +        | +        | -             |
| egységnyi energia súlya                 | +      | +        | +        | -             |
| Energiatárolás lehetősége (pálya oldal) | +      | -        | +        | -             |
| fenntarthatóság                         | -      | +        | +        | +             |
| CO <sub>2</sub> kibocsátás              | -      | +        | +        | +             |
| zaj kibocsátás                          | -      | +        | +        | +             |

1. táblázat

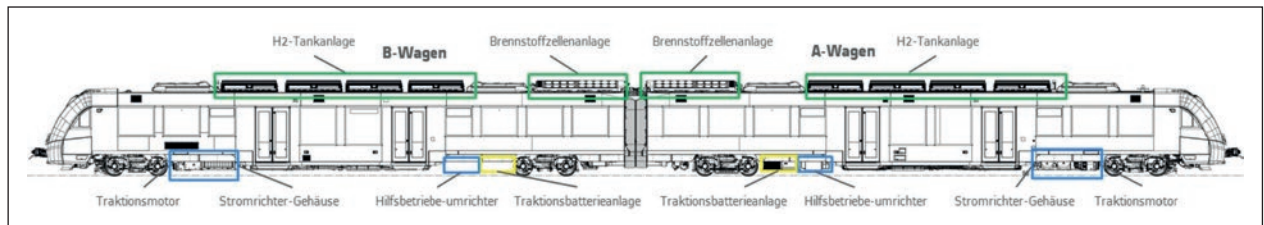




5. ábra: Hidrogén töltőállomás

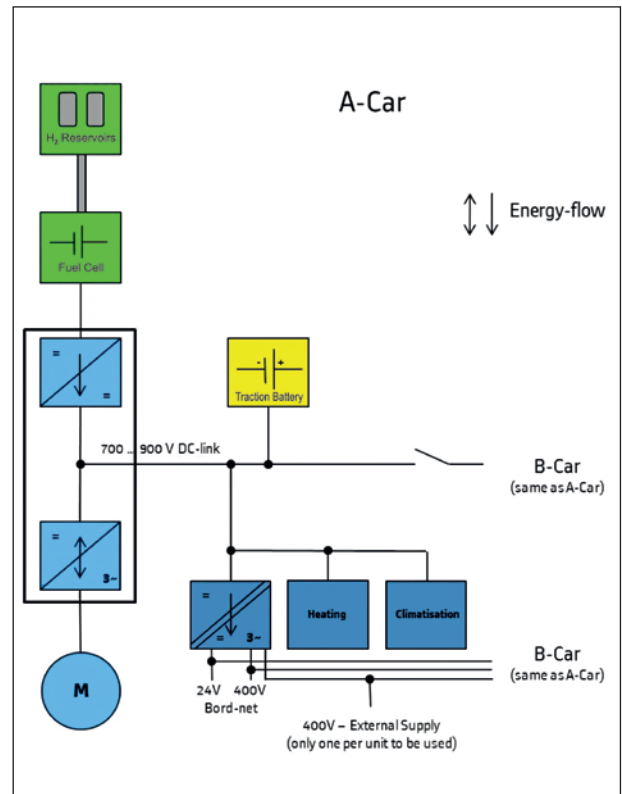


6. ábra: iLint Dunaszerdahelyen 2022. május 21-én



7. ábra: A Coradia iLint jármű vázlatja

vagyis a két szélső forgóváz mindegyik tengelye hajtott, a vonat közepe felőli kocsivégeken futó forgóvázak vannak. A vonat tengelyterhelése alacsony, köszönhetően annak, hogy a motorvonat alatt négy forgóváz található. Ez a tulajdonság jól kihasználható a jellemzően korlátozott pályaterhelhetőséggel rendelkező nem fővonalakon. A kocsik középső része alacsonypadlós, a feljáró ajtók itt találhatók. A magasabb padlósíntes részek alól kikerült a diesel power pack és a hozzá tartozó üzemanyag tartály. A jármű tetejére fölkerült az üzemanyagcella és a hidrogén tároló tartályok. A padlósínt alatt felszabadult helyre bekerült egy nagy feszültségű akkumulátor, melynek célja, hogy tárolja az energiát, amit az üzemanyagcella termel, visszanyerje a fékezési energiát és támogatja a gyorsulást, ezzel növelve a jármű energiahatékonyságát. Maga a hajtás lényegében változatlan, mindkét motorkocsiban egy-egy háromfázisú aszinkron motor hajtja a forgóvázak tengelyeit. A jármű és a hajtásrendszer vázlatát a 7. és 8. ábra szemlélteti. A képeken a színek: zöld a hidrogénhez köthető, sárga a booster akkumulátorhoz, kék a hagyományos alkotók, fogyasztók színe. A két kocsi lényegében teljesen szimmetrikus, a hajtás tekintetében is. A jármű többi egysége, forgóváza, vezetőfülkéje, utastere megegyezik a Lint54 diesel motorvonattal, természetesen a vasútállatok igényei szerint személyre szabható. Amint látható sem az utastérből sem a vezetőállásból nem kellett területet elvenni az áttervezés során.



8. ábra: A Coradia iLint energiaellátó rendszere

A jármű végsebessége 140 km/h, a maximum tengelyterhelés 18 t, egy tavaly szeptemberi demonstráció során pedig egyetlen tankolással 1175 km-t tett meg a sorozatgyártású, nem módosított Coradia iLint, amelynek fedélzetén akár 150 ülő utas is elfér. Néhány adalék még a hidrogénüzemmel kapcsolatosan: a hidrogén a tetőn lévő tartályokban 350 bar nyomás alatt van tárolva, a tankolás pedig mindkét oldalról a földről lehetséges. Az üzemanyagcella a környezetből veszi föl az oxigént és oda fújja ki a vízgőzzel dúsított levegőt (2., 9. ábra). A ter-

melt energia mennyisége jól szabályozható, egy inverteren keresztül az akkumulátorral összekapcsolt nagyfeszültségű főáramkörére jut. Innen történik a segédüzemi táplálás, illetve az utastér fűtése, hűtése. Az intelligens vezérlés gondoskodik a cella optimális kihasználásáról, illetve indulás előtt az automatikus felkészülésről. A már említett (padlóalatti) akkumulátor célja az elektrodinamikus fékezéskor visszanyerhető energia tárolása a következő gyorsításig. A konstrukció végül is rokona a hidrogén meghajtású közúti autóbuszoknak.

A jármű megfelel a vonatkozó európai előírásoknak, az üzemanyag tartály az EC 79/2009 rendeletének, a rendszer az EN 61373 előírásainak. A tűzvédelem az EN 45545-2 szerinti, az EMC (elektromágneses zavartatás) az EN 50121-3-2 szerint, stb. Összefoglalva kiemelhető, hogy a járműtípus Németországban közszolgálati utasforgalomban fut az összes szükséges engedéllyel, tanúsítással.

#### A Coradia iLint üzem közben

A mozdonyvezető szempontjából nem sok különbséget lehet találni a hagyományos diesel-elektromos meghajtású Coradia Lint54-hez képest. (10. ábra) A menetdinamikát ugyanúgy a háromfázisú aszinkron motorok adják, az üzemanyagcellát a jármű automatikusan vezérli. Az utas szemszögéből kitűnik a jármű csendességével, és hogy állóhelyzetben sem lehet érezni a diesel motorvonatok esetén megszokott alapjáratú vibrációt (hiszen itt ilyen nincs). Ha az ember pont az üzemanyagcella alá ül be a két kocsi közti átjáró közelébe, akkor egyedül gyorsításkor, amikor az üzemanyagcella nagyobb teljesítményt ad le, lehet egy felfutó, majd elcsendesedő hangot hallani. Az utastér más részein, vagy a vonat mellett állva a környezeti zajoktól függően ez még kevésbé feltűnő.



9. ábra: Az üzemanyagcella a vonat tetején



10. ábra: A mozdonyvezető kilátása

#### A közeli jövő

A világ első hidrogénmeghajtású motorvonatának születési története jól mutatja, hogy a megoldás alkalmazása nem csak új járműként, hanem régebbi diesel üzemű jármű felújításaként is elképzelhető retrofit projektként. A fenntartható mobilitás iránt ráadásul nagy a nemzetközi érdeklődés. Az LNVG-vel kötött, Alsó-Szászországban közlekedő 14 Coradia iLint vonat szállításáról szóló szerződés mellett az Alstom megbízást kapott újabb 27 Coradia iLint vonatra, melyet a frankfurti agglomerációban fognak használni. Németországon kívül az Alstom hat Coradia Stream™ hidrogénvonatot



épít az olaszországi Lombardia régióban, és további nyolc járműre szóló opcióról egyezett meg. Magyarországon is várható előrelépés, tavaly a MÁV-Start nyilvános előzetes piaci konzultációt tartott a lehetséges gyártók bevonásával. Az egyik lehetséges helyszín a Hatvan – Salgótarján (– Fülek/Filakovo) vonal lehet a hidrogénüzemű motorvonatok hazai bevezetésére, ahogy ez konferenciákon is elhangzott. Az Alstom készen áll rá, hogy építve a cég más európai országokban szerzett üzemi tapasztalataira a magyarországi vasúti hidrogénüzem megteremtésében úttörő szerepet vállaljon.

**Irodalomjegyzék**

- [1] [www.hfc-hungary.org/](http://www.hfc-hungary.org/)
- [2] [www.h2bulletin.com/knowledge/hydrogen-colours-codes/](http://www.h2bulletin.com/knowledge/hydrogen-colours-codes/)
- [3] [www.lnvg.de/lnvg/pressemitteilungen](http://www.lnvg.de/lnvg/pressemitteilungen)

A külön nem jelölt képek és idézetek forrása az Alstom csoport.

**A szerzőről:**

**Kővári Mátyas**

A BME Közlekedésmérnöki Karán végzett 2005-ben. 2006-ig a GYSEV-nél volt biztosítóberendezési szakaszmérnök, ahol részt vett a Sopron-Szombathely vonal korszerűsítésében. 2006-2022 közt a Thales (korábban Alcatel) Magyarországi leányvállalatánál dolgozott Hegyeshalomtól Lőkösházaig, Szentgotthárdtól Püspökladányig elektronikus biztosítóberendezési és ETCS projekteken eleinte kivitelezési, majd tervezési és termékfejlesztési feladatokon. 2022 tavasza óta a magyarországi Alstom üzletfejlesztő munkatársa, felelve annak vasúti jármű kínálatának magyarországi helyzetéért is.

dezési szakaszmérnök, ahol részt vett a Sopron-Szombathely vonal korszerűsítésében. 2006-2022 közt a Thales (korábban Alcatel) Magyarországi leányvállalatánál dolgozott Hegyeshalomtól Lőkösházaig, Szentgotthárdtól Püspökladányig elektronikus biztosítóberendezési és ETCS projekteken eleinte kivitelezési, majd tervezési és termékfejlesztési feladatokon. 2022 tavasza óta a magyarországi Alstom üzletfejlesztő munkatársa, felelve annak vasúti jármű kínálatának magyarországi helyzetéért is.

**HÍREK**

**Az Alstom és az Irish Rail bemutatta a DART+ kocsit teljes méretű modelljét Dublinban**

Ez az első modern, akkumulátoros motorvonatflotta Írországon, mely nagyobb kapacitást és karbonlábnyom csökkentést biztosít Dublin és környéke számára.



Az Alstom, az intelligens és fenntartható mobilitás globális vezetője és az Irish Rail közösen mutatta be március végén a DART+ 1:1 méretarányú kocsimakettjét az ír nyilvánosságnak Eamon Ryan TD ír közlekedési miniszter, Jim Meade (az Irish Rail vezérigazgatója), Nick Crossfield (az Alstom UK & Ireland ügyvezető igazgatója) és Piers Wood (az Alstom Ireland ügyvezető igazgatója) jelenlétében. Az Alstom X'trapolis elővárosi vonat platformján alapuló kocsit mintáját az Irish Rail dublini Inchicore üzemében mutatták be az érdeklődőknek, akik szemügyre vehették, milyen DART+ vonatok szolgálják majd ki Dublin és környékének utasait. Az Alstom tízéves keretmegállapodást kötött az Irish Rail vasúttársasággal 750 új X'trapolis vasúti kocsi beszerzéséről az ír DART hálózat számára, melyből most 37 darab ötvagonos X'trapolis vonatot rendeltek meg 15 évre szóló szervizelési szolgáltatással, ezekből 31 db akkumulátoros-elektromos motorvonat (BEMU), míg hat darab elektromos motorvonat. Az új vonatok nagyobb

kapacitást és karbonlábnyom csökkentést biztosítanak majd a nagydublini helyi közösség számára.

**Mit kínál az X'trapolis a DART+ utasainak?**

Az Alstom moduláris X'trapolis ingázó vonata rendkívül sikeres, világszerte több mint 6000 kocsit adtak el belőle; a dublini vonatokat kifejezetten a DART+ programhoz szabták. Mindegyik 82 méter hosszú DART+ vonat 550 utasnak biztosít helyet, széles, átjárható folyosókkal, alacsony padlóval és automatikusan behúzható lépcsővel, hogy minden utas számára maximalizálják a megközelíthetőséget. További jellemzők közé tartoznak a külön kerékpáros és családi területek, a továbbfejlesztett utasforgalmi funkciók, mint például a töltőberendezések mobiltelefonokhoz vállmagasságban elhelyezve, e-bike-ok és e-scooterek számára; valamint a vonat egészen működő CCTV-rendszerek, amelyek fokozzák az utasok és a dolgozók biztonságát és védelmét.

A tízéves keretmegállapodás lehetővé teszi a DART+ hálózat számára, hogy akár 750 áramszedős és akkumulátoros vasúti kocsi szerezzenek be. A megrendelt 37 vonat 31 ötkocsis, akkumulátoros-elektromos motorvonattal (BEMU) több mint 80 kilométeres utak megtételére lesz képes a villamosított DART-hálózaton kívül, tisztán akkumulátoros üzemben, és ezzel a régebbi dízelüzemű vonatokat kivonhatják a nem villamosított vonalakról. Ezek az X'trapolis vonatok alkotják majd Írország első modern akkumulátoros flottáját, hozzájárulva Írország tömegközlekedésen keresztül történő szén-dioxid-csökkentési törekvéseinek kiszélesítéséhez. Az akkumulátorrendszerben tárolt energiát a kiválasztott végállomásokon található gyorsított állomásokon keresztül, valamint az új akkumulátoros-elektromos szerelvények mozgása közben a fékezési energia visszanyerésével töltik majd fel.

(Bővebben lásd a havonta frissített netet: <http://vasutgepeszet.hu/vasutgepesz-hirado-uj/>)